

ENVOLVER OS ALUNOS PRODUTIVAMENTE EM AULAS DE FÍSICA E QUÍMICA DURANTE O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS: DOIS PROFESSORES COM MEDIAÇÕES DISTINTAS E USO DISTINTO DAS SIMULAÇÕES

J. BERNARDINO LOPES^{1,2},
ANA EDITE CUNHA¹,
CARLA A. SANTOS¹,
ELISA SARAIVA¹,
J. PAULO CRAVINO^{1,2},
FERNANDA DINIS¹

¹Escola de Ciência e Tecnologia – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real

²CIDTFF – Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Aveiro

RESUMO

Neste trabalho, pretende-se identificar e descrever as características da mediação do professor determinantes para promover o envolvimento produtivo dos alunos, durante o uso de simulações computacionais (SC). São apresentados resultados com base no estudo de aulas lecionadas por dois professores de física e química, com a mesma experiência profissional, mas diferente experiência de integração de investigação didática nas suas práticas de ensino. Os resultados permitem compreender as condições fundamentais para os alunos se envolvem produtivamente nas tarefas, as principais diferenças entre a mediação de professores com experiência de integração de resultados de investigação didática nas práticas de ensino. São ainda discutidos os fatores que influenciam o uso de SC em contexto de aula.

PALAVRAS-CHAVE: mediação do professor; envolvimento produtivo dos alunos; simulações computacionais; práticas de ensino; aprendizagem.

ABSTRACT

In this work, we intend to identify and describe the characteristics of teacher mediation that are determinant to promote students productive engagement, while using computer simulations (CS). Results are presented based on the study of classes taught by two teachers of physics and chemistry, with similar

professional experience, but different experience integrating educational research in their teaching practices. The results allow us to understand the fundamental conditions for students to engage productively in the tasks, the main differences between the mediation of teachers with experience integrating research results in teaching practices. The factors that influence the use of CS in the classroom context are also discussed.

Keywords: teacher mediation; students' productive engagement; computers simulations; teaching practices; learning.

INTRODUÇÃO

As simulações computacionais (SC) têm tido uma importância crescente no ensino e na aprendizagem de Ciências Físicas (Richards, Barowy & Levin, 1992; Webb, 2005). Uma das suas funções é permitir que os alunos explorem, testem ideias, manipulem variáveis em sistemas físicos, mais ou menos complexos, a uma velocidade maior do que se estivessem a manipular sistemas reais (Van Joolingen & De Jong, 1991).

No entanto, nem sempre o recurso às SC, *de per se*, garante que os alunos se envolvam nas tarefas e que a aprendizagem seja efetiva, pois é necessário que as SC sejam usadas de determinado modo (Smetana & Bell, 2012). De acordo com Engle e Conant (2002), os alunos estão envolvidos produtivamente quando são evidentes progressos no conhecimento dos alunos. O envolvimento cognitivo está associado ao facto de alunos trabalharem no sentido de adquirirem ideias e habilidades mais complexas para a aprendizagem (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004).

Existem estudos específicos sobre o envolvimento dos alunos, em contexto de aula, salientando a importância das tarefas autênticas (e.g. Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2007), ou sobre a relação entre o esforço do professor para envolver os alunos no trabalho experimental, e o envolvimento efetivo dos alunos (Cunha, Lopes, Cravino & Santos, 2012).

Com este estudo pretendemos especificamente estudar a relação entre o esforço do professor para envolver os alunos durante o uso de SC em sala de aula (e que variações pode ter em diferentes professores) e o envolvimento produtivo dos alunos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este estudo centra-se no envolvimento dos alunos no seu trabalho (Engle e Conant, 2002; Fredricks et al., 2004) usando simulações computacionais (Adams, 2010; Rutten, van Joolingen & van der Veen, 2012) e sua relação com as características da mediação dos professores em sala de aula (Hoadley & Linn, 2000; Scott, Mortimer & Aguiar, 2006; Tiberghien & Buty, 2007) de Ciências Físicas.

São conhecidas as dificuldades que muitos alunos apresentam em

compreender os fenómenos físicos. A necessidade que há em criar metodologias de ensino diversificadas para combater essas dificuldades conduziu ao uso crescente e diversificado do computador (Fiolhais & Trindade, 2003). As simulações computacionais (SC) podem ajudar os alunos a envolverem-se produtivamente nas aulas de Ciências Físicas e são referenciadas como ferramentas adequadas para o envolvimento dos alunos de ciências (Khan, 2011). No entanto, o facto de os computadores estarem presentes na sala de aula não faz com que os alunos os usem efetivamente (Eskrootchi & Oskrochi, 2010).

Há muitos estudos sobre os potenciais benefício do uso das SC para a aprendizagem de Ciências Físicas (Smetana & Bell, 2012) mas há poucos estudos que foquem a atenção nas práticas de ensino em sala de aula com o uso de SC (Rutten et al., 2012).

A mediação do professor, em sala de aula, se tiver certas características leva os alunos a envolverem-se produtivamente (Cunha et al., 2012) na realização das tarefas. As principais características da mediação para promover o envolvimento dos alunos de modo produtivo são dar autoridade aos alunos, e manter a tarefa como desafio, partindo do princípio que a tarefa foi concebida e colocada como desafio. O mesmo estudo identifica que um professor pode ter várias formas de manter a tarefa como desafio (manipulando os recursos para os alunos os poderem usar proficientemente; induzir os alunos a terem uma abordagem mais consciente e sistemática solicitando-lhes clarificações) e várias formas de dar autoridade aos alunos (permitir que os alunos realizem as tarefas com autonomia e responsabilidade e dando incentivos para se envolverem produtivamente). Esta investigação tem como base os trabalhos de Engle e Conant (2002) que apontam 4 princípios orientadores para promover o envolvimento produtivo dos alunos: (a) encorajar os alunos a dar contribuições intelectuais; (b) dar autoridade aos alunos, no sentido de os tornar mais ativos nas suas aprendizagens; (c) responsabilizar os alunos, nas boas práticas de sala de aula; (d) providenciar os recursos necessários, bem como o acesso a fontes de informação relevantes. Também tem como base os trabalhos sobre a mediação do professor em sala de aula (Lopes et al. 2010). Se os alunos souberem o que procuram e que ações necessitam executar para alcançar a resposta a uma questão, ou problema, então têm um controlo aceitável das suas ações (Lopes, Cravino, Branco, Saraiva & Silva, 2008). Se o trabalho dos alunos durante o uso das simulações for encarado de modo mais aberto, onde os alunos têm maior liberdade nas suas ações, os alunos envolver-se-ão mais produtivamente.

Por outro lado, as características das práticas de ensino do professor dependem de diversos fatores, mas talvez o mais importante é como ele integra os diversos saberes na sua prática profissional (Khan, 2011; Shulman, 1986). Assim, é expectável que dois professores com idênticos tempos de experiência profissional e idêntica formação inicial, mas diferentes experiências de participação em projetos de investigação didática, tenham diferenças importantes na sua mediação em sala de aula.

Adicionalmente, estudar a mediação do professor em sala de aula, em tarefas que usam SC tem um interesse acrescido para estudar as relações entre a mediação para promover envolvimento dos alunos e o envolvimento produtivo dos alunos. Esse interesse acrescido resulta de se saber que as práticas de ensino com uso efetivo da SC, em contextos reais de aula, serem pouco estudadas (Rutten et al., 2012).

Assim, as questões de investigação deste estudo são:

- (a) O que é fundamental na mediação do professor para envolver produtivamente os alunos nas tarefas que usam SC?
- (b) Quais as diferenças da mediação entre professores com diferentes experiências, de integração do conhecimento didático nas práticas de ensino?
- (c) Que fatores influenciam o uso das SC em contexto de aula?

METODOLOGIA

Participantes

Este trabalho de investigação apresenta um estudo multi-casos (Cohen, Mannon & Morrison, 2010), envolvendo dois professores de Ciências Físicas com a mesma experiência profissional mas diferente experiência de integração de investigação didática nas práticas de ensino. Estes professores lecionam em duas escolas do norte de Portugal, no 10º ano de escolaridade, usando a mesma temática (radiação do corpo negro; lei do deslocamento de Wien), e as mesmas tarefa e simulação computacional do PhET (disponível na Internet). Os alunos do professor A estudaram o fenómeno usando a SC para chegar à lei de Wien. Os alunos do professor B usaram a SC para verificar a lei de Wien, pois esta tinha sido abordada em aulas anteriores. Apresenta-se na tabela 1 as principais características dos casos estudados.

Tabela 1: Principais características dos dois casos em estudo

Professor	A	B
Género	Feminino	Feminino
Grau académico	Aluna de doutoramento em Ciências Físicas (ramo Didática de Ciências Físicas)	Aluna de doutoramento em Ciências Físicas (ramo Didática de Ciências Físicas)
Experiência de ensino	23 anos	22 anos

(Continua)

(Continuação)

Experiência de integração de investigação nas práticas de ensino	Sim (participação em projetos de investigação didática durante 6 anos)	Não
Grau de ensino e tópico das aulas analisadas	10.º ano de escolaridade Radiação do corpo negro; Lei do deslocamento de Wien.	10.º ano de escolaridade Radiação do corpo negro; Lei do deslocamento de Wien.
SC usada	PhET (blackbody-spectrum) Disponível na internet	PhET (blackbody-spectrum) Disponível na internet
N.º de alunos em sala de aula / N.º de grupos	24 / 5	8 / 4
Tempo da aula	120 min	60 min

Recolha e tratamentos de dados

Para analisar as características da mediação do professor determinantes para promover o envolvimento produtivo dos alunos durante o uso de simulações computacionais, elaboraram-se narrações multimodais (NM) de aulas destes professores. De acordo com Lopes e colegas (2010), uma NM é um relato multimodal, feito pelo professor que lecionou a aula, descrevendo o que acontece na sala de aula, a partir de dados independentes (e.g. gravação áudio, documentos produzidos pelos alunos e professor, entre outros) focando a ação e a linguagem do professor e dos alunos durante uma tarefa (em sentido lato), desde a sua apresentação até esta ser terminada, bem como informações que só o professor tem (decisões tomadas, percepções do que acontece, etc.). Cada NM é feita a partir da audição da gravação e recorrendo ao uso dos diferentes documentos referidos anteriormente. Após esta fase são acrescentados ao relato elementos multimodais, tais como fotos, diálogos, *print screens* da SC, esquemas elaborados no quadro, indicação de silêncios, etc. Depois cada NM é lida e validada (recorrendo à gravação áudio) por outras pessoas de modo a conferir a sua legibilidade, completude e adequação aos dados independentes. A versão inicial da NM apresentada pelo professor é melhorada até ter sido alcançada uma versão legível, completa e fidedigna.

As duas NM, uma de cada professor, têm o mesmo foco (o desenvolvimento

das tarefas em sala de aula) e a mesma estrutura o que permite a sua comparação (Lopes et al., 2010). A primeira parte da NM é uma descrição geral de toda a aula e contém os seus elementos contextuais. A segunda parte é a descrição detalhada do que acontece durante um episódio, que corresponde à apresentação de uma tarefa e termina quando se passa a outra tarefa.

Análise de dados

As dimensões de análise das narrações multimodais (NM) foram determinadas pela fundamentação teórica referida anteriormente: (a) mediação do professor para envolver alunos nas tarefas; (b) envolvimento dos alunos na disciplina; (c) indicadores de produtividade dos alunos. No entanto, as variáveis dicotômicas encontradas em cada dimensão foram determinadas pela análise *open code* (Böhm, 2004; Cohen et al., 2010) das NM.

As NM foram analisadas por um investigador, utilizando o *software* de análise qualitativa (NVivo 8®). A partir de cada NM identificaram-se variáveis relativas às evidências do envolvimento produtivo dos alunos durante o uso da SC e dos indicadores da produção dos alunos (tabela 3) e das características da mediação do professor para induzir esse envolvimento (tabela 2). Através das evidências é feita a primeira tentativa de codificação. Cada codificação recebe uma designação sucinta, bem como a respetiva definição. Após a codificação ser revista, foram refinadas as suas definições e verificadas se os excertos selecionados das NM eram bem descritos por cada codificação. Durante este processo, cada codificação bem como a sua definição não são definitivos, algumas codificações podem ser agrupadas numa só, ou podem ser desdobradas. Cada excerto pode ser descrito por várias codificações. Depois deste processo concluído cada codificação obtém o estatuto de variável dicotómica. Ou seja, cada excerto é caracterizado pela presença ou ausência de cada uma das variáveis dicotómicas encontradas na análise *open code*. Esta análise foi revista por mais dois investigadores independentes, autores deste trabalho. O grau de acordo foi de 94%. Nos casos remanescentes, foi feito um refinamento até a obtenção de acordo total. Após esta fase foi feita a categorização pelos investigadores, que correspondeu a reanalisar as NM usando as variáveis dicotómicas. As variáveis dicotómicas determinadas pela análise *open code* estão apresentadas e definidas sucintamente nas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: Variáveis dicotômicas sobre a mediação do professor para envolver os alunos produtivamente, breve definição e exemplos

Variáveis dicotômicas	Definições	Exemplos																																
Tornar presente informação anterior	Envolver os alunos ajudando-os a tornar presente informação trabalhada em momentos anteriores.	[...] Professora – Então a radiação de fundo é a radiação de que falámos quando estudámos o Big Bang. É aquela radiação residual que se pensa que teve origem na origem do Universo quando foi do Big Bang e que chegou até nós e tem este comprimento de onda. [...] Professora B																																
Colocar tarefa como desafio	Colocar tarefa tendencialmente autêntica ou contextualizada com relevância para os alunos.	[...] 2 - Realiza a experiência planificada em 1. 3 - Regista os dados obtidos e efetua os cálculos necessários. <table><tr><th>Temperatura (T)</th><th>Comprimento de onda (λ_{obs})</th><th>$\lambda_{obs} \cdot T$</th><th>λ_{obs}/T</th><th>T/λ_{obs}</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <table><tr><th>Temperatura (T)</th><th>corpo que emite radiação</th><th>Zona do espectro onde λ_{obs}</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [...] Professora A e B	Temperatura (T)	Comprimento de onda (λ_{obs})	$\lambda_{obs} \cdot T$	λ_{obs}/T	T/λ_{obs}																Temperatura (T)	corpo que emite radiação	Zona do espectro onde λ_{obs}									
Temperatura (T)	Comprimento de onda (λ_{obs})	$\lambda_{obs} \cdot T$	λ_{obs}/T	T/λ_{obs}																														
Temperatura (T)	corpo que emite radiação	Zona do espectro onde λ_{obs}																																
Reformular a tarefa	Solicitar aspetos que não foram totalmente revelados desde o início da tarefa.	[...] A professora traçou riscos verticais no quadro de forma a dividir o espaço para os cinco grupos registarem os seus resultados. [...] Professora A																																
Coloca tarefa subsidiária	Colocar tarefa para dar auxílio à tarefa desafio.	[...] Professora - Vão agora analisar os resultados e em particular as variações entre um dado grupo e entre os grupos. Que variáveis é que estão em estudo? [...] Professora A																																
Envolver os alunos na tarefa	Assegurar que os alunos compreendam a tarefa e que se envolvem na sua execução.	[...] A professora esclarece os alunos, referindo que trabalham em grupo, que cada grupo pode dar a mesma resposta, mas entregam as fichas individualmente. [...] Professora B																																
Manter a tarefa como desafio	Conservar as características iniciais da tarefa, mesmo havendo interações com os alunos.	[...] Professora – Este grupo não fez muito bem o procedimento, mas fizeram bem a simulação e tiveram bons resultados. – diz a professora referindo-se ao grupo 3. [...] Professora A																																

(Continua)

(Continuação)

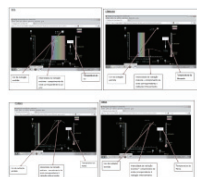
Não manter a tarefa como desafio	Não conservar as características iniciais da tarefa, quando interage com os alunos.	<p>[...] Professora – Ora baixa a Temperatura (pois na SC, o Gonçalo tinha valores de temperaturas acima dos 10000K, o que não lhe permitia medir corretamente o valor do comprimento de onda). Não vês nada. Ora baixa mais. Baixa, ainda não vês nada. Agora começa a aumentar a temperatura devagarinho. Começa a aparecer a curva e aqui é o teu máx. – Disse a professora enquanto apontava para esse ponto na SC.</p> <p>Gonçalo – Ó professora, que nome damos a este ponto? – diz aluno apontando para a simulação</p> <p>P – Isso é o máx, este ponto aqui é o teu máx, é isto que aqui está! Quando eu pego na régua e faço isto assim, o que é que eu estou a medir? máx. [...]</p> <p>Professora B</p>
Incentivar o envolvimento dos alunos nas tarefas	Encorajar, dar feedback positivo, elogiar e garantir que os alunos executem as tarefas propostas.	<p>[...] Professora – Aquele grupo já tem bons resultados, falta-lhes agora interpretar esses resultados. – diz a professora em tom alto para toda a turma, de modo a estimular os alunos dos outros grupos a terminar a tarefa. [...]</p> <p>Professora A</p>
Monitorizar o envolvimento	Estar atento a indicadores de não envolvimento ou de envolvimento não produtivo dos alunos.	<p>[...] Professora – Ó Daniel só te ouço a ti e às tuas macacadas, o que se passa aí, quais são as tuas dúvidas? [...]</p> <p>Professora A</p>
Corrigir o envolvimento	Estimular a curiosidade dos alunos, disponibilizar recursos, solicitar diretamente o seu envolvimento ou corrigir o seu envolvimento face a indicadores de não envolvimento dos alunos na tarefa.	<p>[...] A professora chamou à atenção do Filipe e do Miguel que estavam nos jogos disponíveis no computador em vez de usarem a simulação. [...]</p> <p>Professora A</p>
Dar informação sobre a SC	Dar informações ou indicações sobre o uso da SC	<p>[...] Projetando a imagem da simulação na tela, a professora indica que existe uma régua e que esta pode ser deslocada de um lado para o outro, indica que se pode aumentar ou diminuir a intensidade da radiação, assim como se pode aumentar ou diminuir a temperatura e que se for necessário dá para guardar a curva. [...]</p> <p>Professora B</p>
Dar autoridade aos alunos	Permitir que os alunos tenham autonomia, tomem iniciativas e controlem a execução das tarefas.	<p>[...] Os alunos continuavam a trabalhar autonomamente e a professora ia circulando pela sala verificando o que os alunos estavam a fazer. [...]</p> <p>Professora A</p>
Retirar a autoridade aos alunos	Dar pistas ou envolver-se na execução da tarefa retirando a oportunidade aos alunos de serem autónomos na execução da tarefa.	<p>[...] Júlio – Não dá para ver bem!</p> <p>Professora – Dá, dá. Ora dá licença. – a professora diz isto enquanto usa simulação.</p> <p>Gualter – Temos que mudar.</p> <p>Professora – Não têm nada que mudar. Tende aqui... esta escala daqui até aqui, quanto é que mede? – diz a professora enquanto usa a simulação. [...]</p> <p>Professora B</p>

(Continua)

(Continuação)

Disponibilizar recursos	Disponibilizar recursos para que os alunos possam trabalhar de forma autónoma.	[...] A professora entregou os computadores pelos diferentes grupos de trabalho e auxiliou na ligação das fichas. Professora – Vou então entregar a ficha experimental que fizeram na aula anterior, que levei para casa e os computadores para fazerem a simulação, não quero que se estrague nada. [...] Professora A
Permitir ou Incentivar a problematização	Permitir ou incentivar a problematização de situações físicas, formulação de questões, entre outras.	[...] Rita – Fazemos três dos materiais, ou os quatro? – questionou a aluna. Professora – Pode ser, nem me lembrei que tinha quatro materiais, [...] Professora A

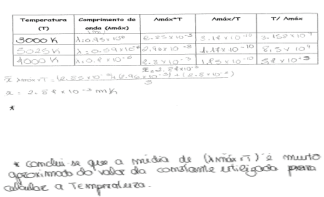
Tabela 3: Variáveis dicotómicas sobre o envolvimento/não envolvimento, breve definição e exemplos

Variáveis dicotómicas	Definições	Exemplos
Envolvimento emocional	Mostrar sinais emocionais de envolvimento, e.g., entusiasmo, persistência na execução da tarefa, etc.	[...] A professora disse aos alunos que poderiam sair para o intervalo, no entanto a maior parte dos alunos decidiram permanecer na sala de aula e continuar o seu trabalho, uma vez que ainda estavam bastante atrasados na resolução da ficha de trabalho. [...] Professora B
Iniciativas dos alunos	Tomar a iniciativa das suas ações como por exemplo, questionando, fazendo ou propondo algo, etc.	[...] Houve grupos que decidiram registar mais uma linha no quadro dos resultados, pois na simulação poderiam obter dados de quatro corpos diferentes e sentiram que os deveriam fazer todos em vez de só três. [...] Professora A [...] Aluno – Oh professora, que nome damos a este ponto? – diz aluno apontando para a simulação. [...] Professora B
Envolvimento na execução da tarefa	Envolver-se na tarefa através de diálogo, do registo de informação, visualização de imagens, realização de atividade recorrendo ao uso da SC, etc.	[...] A Rita disse que sim e mostrou os <i>print screens</i> do seu grupo.  Figura 9: Print screens do Grupo 4 [...] Professora A
Não envolvimento dos alunos	Mostrar sinais de não estarem mobilizados na execução da tarefa, e.g., distraídos, conversarem com os colegas, não estarem a entender o que se pretende, ou porque já realizaram a tarefa, etc.	[...] Professora – Ó Daniel só te ouço a ti e às tuas macacadas, o que se passa aí, quais são as tuas dúvidas? [...] Professora A

Nota: na coluna dos exemplos o n.º das figuras corresponde ao n.º apresentado nas narrações multimodais.

A segunda etapa do processo de análise permitiu identificar as ações da mediação do professor para promover o envolvimento produtivo dos alunos. Para tal, selecionaram-se unidades de análise adotando uma escala temporal (Tiberghien & Buty, 2007) denominada de episódio. Esta unidade de análise selecionada de cada narração multimodal, inclui todas as variáveis dicotômicas sobre a mediação do professor para envolver os alunos produtivamente e as variáveis dicotômicas sobre o envolvimento/não envolvimento e produção do aluno que ocorreram desde que uma tarefa é proposta até à sua conclusão.

Tabela 4: Variáveis dicotômicas sobre a produção do aluno, breve definição e exemplos

Variáveis dicotômicas	Definições	Exemplos
Escrita	O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma escrita, como por exemplo, execução de cálculos, textos, diagramas, descrições, etc.	<p>[...]</p>  <p>Figura 18 - Ficha de trabalho realizada pela Beatriz</p> <p>[...]</p> <p>Professora B</p>
Oral	O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma oral, como por exemplo, o aluno coloca questões, hipóteses, argumenta, faz comentários, etc.	<p>[...] O João explicou bem os resultados obtidos e mostrou que os conhecimentos estavam consistentes, dizendo que o vezes T dá sempre o mesmo valor que é 3×10^8 metro vezes kelvin e que corresponde ao valor de B, que segundo o deslocamento de Wien se verifica isso.</p> <p>[...]</p> <p>Professora B</p>
Atos/ Manuseamento	O produto da tarefa é algo observável numa forma não verbal tal como manusear a SC, escolher os modos de operar a SC, etc.	<p>[...] Entretanto o Gonçalo que pegando nas sugestões da professora já está novamente a trabalhar na simulação, colocando novamente valores de temperaturas e medindo com mais rigor os respetivos comprimentos de onda máximo, [...]</p> <p>Professora B</p>

Nota: na coluna dos exemplos o n.º das figuras corresponde ao n.º apresentado nas narrações multimodais.

Todas as variáveis dicotômicas (tabela 2 a 4) determinadas pela análise *open code*, foram usadas para construir uma matriz relativa aos episódios dos dois professores, relacionadas ou não com o uso da simulação computacional. Para

todas as variáveis foi considerada a presença (assinalada com o valor “1, 2,...” de acordo com o número de vezes que ocorre) ou a sua ausência (marcada com o valor “0”) durante o episódio. Depois de construída, a matriz é submetida à análise de *cluster* (Krippendorff, 2004) com recurso ao *software* STATISTICA (StatSoft®). Os resultados são apresentados num dendrograma (Figura 2).

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A mediação dos dois professores em estudo foi diferente nos esforços para envolver os alunos durante o uso de SC. Em particular, o professor A (figura 1): (a) mantém a tarefa como desafio mais vezes (ver exemplo na tabela 2); (b) incentiva o envolvimento dos alunos mais vezes; (c) corrige e monitoriza o envolvimento dos alunos mais vezes. Em contrapartida, o professor B retira mais vezes a autoridade aos alunos e por vezes não mantém (ver exemplo na tabela 2) a tarefa como desafio (figura 1). Ou seja, o professor A, deliberadamente, procura manter as tarefas como desafio, dar mais autoridade aos alunos e a incentivar e corrigir o envolvimento destes.

Analisando de forma mais detalhada a figura 1, verifica-se que só o professor B torna presente informação anterior. Este esforço do professor deve-se ao facto deste professor utilizar a SC como forma de mostrar o funcionamento da Lei de Wien, pois os conteúdos já foram abordados em aulas anteriores. O professor A não abordou os conteúdos e como tal não pode tornar presente a informação anterior. Podemos ainda verificar que o professor A permite ou incentiva sempre a problematização por parte dos alunos (figura 1).

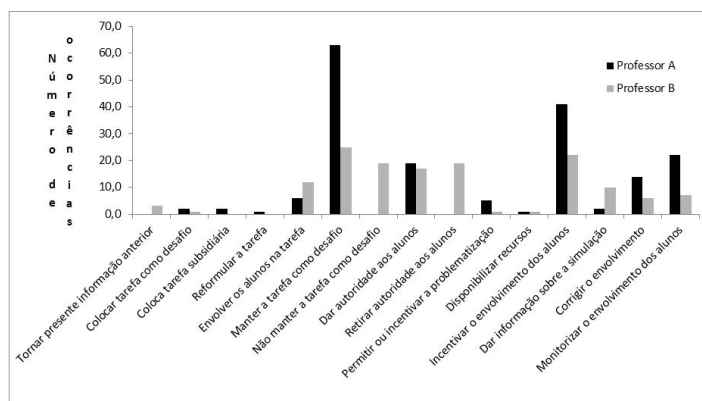


Figura 1: Características do esforço do professor para envolver os alunos

Relativamente ao envolvimento e à produção dos alunos, há duas formas de apresentar os resultados, por um lado a frequência com que ocorreu certa categoria analisada e por outro, um indicador de qualidade relativamente a uma dada categoria. A frequência, por exemplo, da iniciativa do aluno por aula, traduz o número de vezes que o aluno teve iniciativa durante todas as aulas a dividir por cada período de 60 min, ou seja traduz uma média de ocorrência

por cada 60 min. O indicador não traduz uma contagem, mas sim o quociente entre o tempo total de aulas pelo número de vezes em que ocorreu essa categoria. Relativamente ao envolvimento e à produção quer escrita, quer oral, houve necessidade de fazer um tratamento diferente porque se usássemos a frequência (contagem) teríamos uma interpretação errada do que na realidade se passa. Por exemplo, se um aluno se envolve na tarefa durante a aula toda, ou quase toda, e se usássemos a contagem obter-se-ia o resultado de apenas uma, ou duas ocorrências, pois aquele aluno que precisa constantemente da intervenção do professor e do esforço deste para que diga ou faça alguma coisa teria um número muito maior de ocorrências de envolvimento. Ora é envolvimento de melhor qualidade e está deveras envolvido aquele aluno que o faz com autonomia e de modo contínuo ao longo do tempo, por isso relacionou-se um indicador ligado ao tempo que gastou em vez do número de vezes que o fez.

Tabela 5: Frequência e indicadores de qualidade do envolvimento dos alunos e da sua produção (por cada período de 60 minutos)

	Professor A	Professor B
Frequência do envolvimento emocional	2,5	2,0
Frequência das iniciativas dos alunos	3,5	4,0
Indicador do envolvimento na tarefa	3,2	1,7
Frequência de não envolvimento	6,0	6,0
Atos de produção escrita	4,0	3,0
Indicador da produção oral	5,7	3,2
Indicador do manuseamento da simulação	13,3	6,0

As diferenças de atuação entre os dois professores, usando a mesma simulação computacional, para os mesmos conteúdos, tarefa e nível de ensino, provocaram diferenças no envolvimento independente e autónomo por parte dos alunos. Assim, os alunos do professor A envolvem-se mais na tarefa e têm indicadores de produtividade mais elevados, tanto no manuseamento como na produção oral e escrita (tabela 5). Em relação à frequência das iniciativas dos alunos é a mesma nos alunos dos dois professores (tabela 5), no entanto as iniciativas dos alunos do professor B são iniciativas “modestas” comparadas com as dos alunos do professor A, como podemos ver através dos exemplos dados na tabela 3.

A figura 2 apresenta o dendrograma para os episódios dos dois professores, obtido pela análise de clusters. Os episódios do professor A correspondem aos casos C_1 até C_6 (C_1 até C_5 corresponde aos grupos formados inicialmente

na aula e C_6 é o grupo turma (todos os alunos)) e os episódios do professor B correspondem aos casos C_7 até C_15 (C_7 até C_10 corresponde aos grupos formados inicialmente na aula, C_11 até C_14 corresponde a interações com vários grupos e C_15 corresponde ao grupo turma).

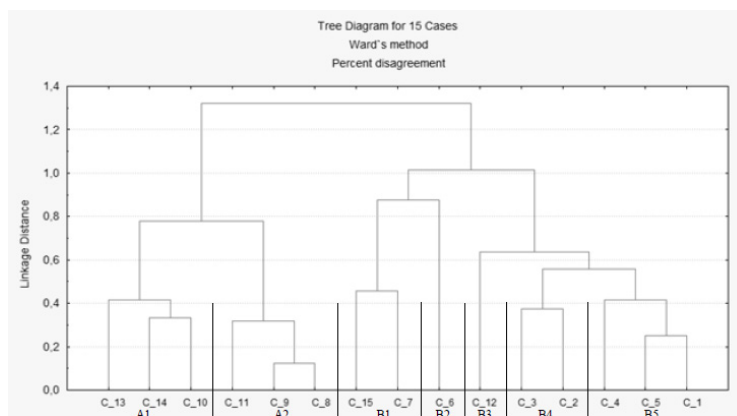


Figura 2: Dendrograma para todos os episódios dos dois professores

A análise de *clusters* (Figura 2), agrupa casos similares (neste estudo os casos são os episódios), o que permite identificar os padrões da mediação dos professores durante o uso das simulações computacionais à escala da resolução da tarefa. Assim, a análise de *clusters* informa que há dois grandes grupos de episódios: o A constituído por dois subgrupos A1 e A2 e o B constituído por 5 subgrupos (B1 a B5). Usando esta informação e cruzando-a com as categorias que são características de cada grupo e subgrupo identificou-se:

- i) traços característicos da mediação de cada professor concomitantes com os traços característicos do envolvimento dos seus alunos (tabela 6.1)
- ii) sete padrões da mediação dos professores (3 para o professor A e 4 para o B) durante o uso da SC, que são mais ou menos determinantes para a ocorrência de envolvimento produtivo dos alunos (tabela 6.2)

Tabela6.1: Traços característicos da mediação de cada professor e traços característicos do envolvimento dos seus alunos.

Professor	Traços da mediação comuns aos dois professores	Traços da mediação de cada professor para envolver os alunos produtivamente	Traços do envolvimento dos alunos comuns às duas turmas	Traços adicionais do envolvimento / não envolvimento e produção do aluno
A		<ul style="list-style-type: none"> Colocar tarefa como desafio e mantendo-a sempre como desafio; Dar autoridade aos alunos; Monitorizar o envolvimento. 		<ul style="list-style-type: none"> Envolvimento dos alunos na execução da tarefa com o uso da SC; Indicadores de produção sistemáticos: Manipulação da SC; Produção escrita.
B	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilizar recursos; Envolver os alunos na tarefa; Incentivar o envolvimento dos alunos nas tarefas. 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar a tarefa inicialmente como desafio mas durante a sua execução nem sempre é mantido o carácter de desafio; Dar autoridade aos alunos MAS frequentemente retirar-lha de seguida; Dar informação sobre a SC. 	Envolvimento dos alunos na execução da tarefa relacionado com o uso da SC (ainda que a não estejam a usar diretamente).	Sem traços adicionais

Tabela6.2: Variações na mediação de cada professor e variações no envolvimento dos respetivos alunos.

Professor	Mediação do professor para envolver os alunos produtivamente	Envolvimento / não envolvimento e produção do aluno
	<p>Traços característicos da mediação do professor A, identificados na tabela, 6.1 e ainda:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reformular a tarefa colocando tarefas subsidiárias; Corrigir o envolvimento; Dar informação sobre a SC; Permitir ou Incentivar a problematização. 	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor A, identificados na tabela 6.1, ainda que com alguns momentos de não envolvimento. Mostram ainda evidências de:</p> <ul style="list-style-type: none"> envolvimento emocional; tomarem a iniciativa; intervenção oral.
A	<p>Traços característicos da mediação do professor A identificados na tabela 6.1 e ainda:</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrigir o envolvimento. 	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor A, identificados na tabela 6.1, ainda que com alguns momentos de não envolvimento. Mostram ainda evidências de:</p> <ul style="list-style-type: none"> envolvimento emocional.
	<p>Traços característicos da mediação do professor A identificados na tabela 6.1.</p>	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor A, identificados na tabela 6.1. Mostram ainda evidências de:</p> <ul style="list-style-type: none"> tomarem a iniciativa; intervenção oral.

(Continua)

(Continuação)

	<p>Traços característicos da mediação do professor B identificados na tabela 6.1 e adicionalmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Torna presente informação anterior. 	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor B, identificados na tabela 6.1, e ainda:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Envolvimento dos alunos na execução da tarefa com o uso efetivo da SC; <p>Indicadores de produção:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Manipulação da SC; · Intervenção oral.
	<p>Traços característicos da mediação do professor B identificados na tabela 6.1.</p>	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor B, identificados na tabela 6.1, com:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Produção escrita.
B	<p>Traços característicos da mediação do professor B identificados na tabela 6.1 e adicionalmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Mantem a tarefa como desafio; · Monitoriza e corrige o envolvimento. 	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor B, identificados na tabela 6.1, e ainda:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Envolvimento dos alunos na execução da tarefa com o uso efetivo da SC, ainda que com momentos de não envolvimento; · Tomarem a iniciativa; · Envolvimento emocional. <p>Indicadores de produção:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Manipulação da SC; · Intervenção oral.
	<p>Traços característicos da mediação do professor B identificados na tabela 6.1 e adicionalmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Monitoriza e corrige o envolvimento; · Permite ou incentiva a problematização. 	<p>Traços característicos do envolvimento e produção dos alunos da turma do professor B, identificados na tabela 6.1, e ainda:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Envolvimento dos alunos na execução da tarefa com o uso efetivo da SC, ainda que com momentos de não envolvimento; · Tomarem a iniciativa. <p>Indicadores de produção:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Manipulação da SC; · Intervenção oral.

Através desta análise podemos inferir, respondendo assim as questões de investigação (a), (b) e (c):

(a) Para os alunos se envolverem produtivamente nas tarefas é fundamental que:

- (i) Os alunos usem sistematicamente a SC;
 - (ii) O professor tenha traços de mediação concomitantes como colocar a tarefa como desafio mantendo-a sempre como desafio, disponibilizar recursos para a execução da tarefa, envolver os alunos na tarefa, incentivar o envolvimento dos alunos nas tarefas e monitorizar sistematicamente o envolvimento dos alunos, sem retirar autoridade aos alunos;
 - (iii) Evite traços de mediação (retirar autoridade, não manter tarefa como desafio) que reduzem de forma notória o envolvimento produtivo.
- Se o professor for demasiado interventivo ou tender a corrigir os alunos, pode ter como consequência momentos de não envolvimento a par de comportamentos aparentemente produtivos. Ou seja, neste tipo de mediação os alunos tendem a ter um comportamento ambivalente.

(b) As principais diferenças entre a mediação de professores que têm maior

experiência de integração de resultados de investigação didática nas práticas de ensino são:

- (i) Traços fundamentais da mediação num professor com maior experiência de integração da investigação são estáveis, ou seja, há pequenas variações entre tipologias de mediação;
- (ii) Os aspetos da mediação que reduzem o envolvimento produtivo dos alunos raramente estão presentes num professor com experiência de integração de investigação didática;
- (c) Os fatores que influenciam o uso de SC em contexto de aula são:
 - (i) Ter uma tarefa genuína. A SC do PhET permite formular tarefas genuínas para explorar a lei de Wien. No caso do professor B, a tarefa para os alunos não é genuína, uma vez que eles já abordaram teoricamente a lei, o que cria uma dissonância (tanto nos alunos como no professor) entre o que é pedido na tarefa e o que seria suposto os alunos saberem fazer com a SC;
 - (ii) Não manter a tarefa como desafio.

CONCLUSÕES

Este estudo permitiu identificar quinze categorias que tornam possível caracterizar o esforço do professor para envolver os alunos aquando do uso de SC, quatro categorias para caracterizar o envolvimento dos alunos e três categorias para caracterizar a sua produção. Este sistema de categorias resultou da análise de duas aulas (uma de cada professor). Em princípio, pode ser usado para outros professores e para outras áreas disciplinares, pois as categorias identificadas não dizem respeito a características específicas desta disciplina, destes professores, ou destes alunos.

Para os alunos se envolverem produtivamente nas tarefas é fundamental que usem sistematicamente a SC e que o professor tenha certos traços de mediação concomitantes, dos quais se destaca a monitorização sistemática do envolvimento dos alunos e a permissão para os alunos tomarem a iniciativa. Além disso, retirar autoridade aos alunos e não manter tarefa como desafio reduzem de forma notória o envolvimento produtivo, pelo que devem ser evitadas.

A maior experiência de integração de resultados de investigação didática nas práticas de ensino aparentemente permite que o professor tenha uma mediação mais eficaz e com pequenas variações.

O uso da simulação em contexto de aula é influenciado pela existência, ou não, de uma tarefa autêntica para os alunos e que seja mantida como desafio.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio à FCT pelo projeto PTDC/CPE/112303/2009.

REFERÊNCIAS

- Adams, W. K. (2010). Student engagement and learning with PhET interactive simulations. *Il Nuovo Cimento C*, 033(3), 21–32.
- Böhm, A. (2004). Theoretical coding: Text analysis in grounded theory. Em U. Flick, E. von

- Kardorff, & I. Steinke (Eds), *A Companion to Qualitative Research* (pp 270-274). London: SAGE
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2010). *Research Methods in Education* (6th ed.). London: Routledge.
- Cunha, A. E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Santos, C. A. (2012). Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 635-659.
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Eskrootchi, R., & Oskrochi, G. R. (2010). A study of the efficacy of project-based learning integrated with computer-based simulation - STELLA. *Educational Technology & Society*, 13(1), 236-245.
- Fiolhais, C., & Trindade, J. (2003). Physics in the computer: the computer as a tool in the education and the learning of physical sciences. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 259-272.
- Fredricks, J., Blumenfeld, P.C. & Paris, A.H. (2004). School engagement: potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.
- Hoadley, C.M. & Linn, M.C. (2000). Teaching science through online, peer discussions: Speakeasy in the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 839-857.
- Khan, S. (2011). New pedagogies on teaching science with computer simulations. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 215-232.
- Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: an introduction to its methodology*. California: SAGE Publications.
- Lopes, J. B., Cravino, J. P., Branco, M. J., Saraiva, E., & Silva, A. A. (2008). Mediation of student learning: dimensions and evidences in science teaching. *Problems of Education in 21st Century*, 9, 42-52.
- Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Viegas, C., Cunha, A. E., Saraiva, E., . . . Santos, C. A. (2010). *Investigação sobre a Mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula*. Vila Real: UTAD.
- Reigosa, C. & Jiménez-Aleixandre, M.-P. (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: difficulties hindering students' assumption of responsibility. *International Journal of Science Education*, 29(3), 307-329.
- Richards, J., Barowy, W. & Levin, D. (1992). Computer simulations in the Science Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 1(1), 67-79.
- Rutten, N., van Joolingen W.R. & van der Veen, J.T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers and Education*, 58(1), 136-153.
- Scott, P.H., Mortimer, E.F. & Aguiar, O.G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(4), 605-631.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Lara Kathleen Smetana & Randy L. Bell (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Tiberghien, A., & Buty, C. (2007). Studying Science Teaching Practices in Relation to Learning: Time Scales of Teaching Phenomena. Em R. Pintó & D. Couso (eds), *Contributions from Science Education Research* (pp 59-75). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Van Joolingen, W. R., & De Jong, T. (1991). Characteristics of simulations for instructional settings. *Education & Computing*, 6, 241-262.
- Webb, M.E. (2005). Affordances of ICT in science learning: implications for integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, 27(6), 705-735.